

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of :
Chung-Sam Jun et al. :
Serial No.: [NEW] : Attn: Applications Branch
Filed: October 16, 2001 : Attorney Docket No.: SEC.895
For: *Method and Apparatus for Numerically Analyzing Grain Growth on
Semiconductor Wafer Using SEM Image*



CLAIM OF PRIORITY

Honorable Assistant Commissioner for Patents and Trademarks,
Washington, D.C. 20231

Sir:

Applicants, in the above-identified application, hereby claim the priority date
under the International Convention of the following Korean application:

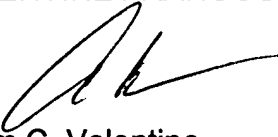
Appln. No. 2000-61717 filed October 19, 2000

as acknowledged in the Declaration of the subject application.

A certified copy of said application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

VOLENTINE FRANCOS, PLLC


Adam C. Volentine
Registration No. 33,289

12200 Sunrise Valley Drive, Suite 150
Reston, Virginia 20191
Tel. (703) 715-0870
Fax. (703) 715-0877

Date: October 16, 2001

JC973 U.S. PTO
09/1977238
10/16/01

대한민국 특허청

KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2000년 제 61717 호
Application Number PATENT-2000-0061717

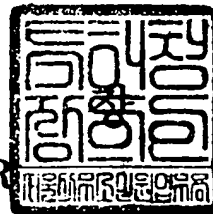
출원년월일 : 2000년 10월 19일
Date of Application OCT 19, 2000

출원인 : 삼성전자 주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.

2001 년 07 월 14 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2000.10.19
【발명의 명칭】	주사전자현미경 이미지를 이용한 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법과 이를 위한 장치
【발명의 영문명칭】	method of numerically analyzing growth degree of grain on a semiconductor wafer by using a SEM image and apparatus for realizing the same
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	박영우
【대리인코드】	9-1998-000230-2
【포괄위임등록번호】	1999-030203-7
【발명자】	
【성명의 국문표기】	전충삼
【성명의 영문표기】	JUN, Chung Sam
【주민등록번호】	650820-1094917
【우편번호】	445-970
【주소】	경기도 화성군 태안읍 병점 8리 주공아파트 108-103
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	전상문
【성명의 영문표기】	CHON, Sang Mun
【주민등록번호】	551127-1155417
【우편번호】	463-500
【주소】	경기도 성남시 분당구 구미동 L/G0아파트 205-1802
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최상봉
【성명의 영문표기】	CHOI, Sang Bong
【주민등록번호】	580313-1849813

【우편번호】 442-470
【주소】 경기도 수원시 팔달구 영통동 동아아파트 714-1302
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 김계원
【성명의 영문표기】 KIM,Kye Weon
【주민등록번호】 690205-1030316
【우편번호】 442-190
【주소】 경기도 수원시 팔달구 우만동 우만주공아파트 103-106
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 이상훈
【성명의 영문표기】 LEE,Sang Hoon
【주민등록번호】 730320-1101012
【우편번호】 442-470
【주소】 경기도 수원시 팔달구 영통동 1054-3 212/1003
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 양유신
【성명의 영문표기】 YANG,Yu Sin
【주민등록번호】 701111-1932311
【우편번호】 449-900
【주소】 경기도 용인시 기흥읍 농서리 산 24번지
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 김상민
【성명의 영문표기】 KIM,Sang Min
【주민등록번호】 681006-1067020
【우편번호】 137-030
【주소】 서울특별시 서초구 잠원동 잠원한신아파트 324-1003
【국적】 KR

【발명자】**【성명의 국문표기】**

이상길

【성명의 영문표기】

LEE, Sang Ki I

【주민등록번호】

610202-1777431

【우편번호】

442-470

【주소】경기도 수원시 팔달구 영통동 청명마을 건영아파트 426동
502호**【국적】**

KR

【심사청구】

청구

【취지】특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정
에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인
박영우 (인)**【수수료】****【기본출원료】**

20 면 29,000 원

【가산출원료】

24 면 24,000 원

【우선권주장료】

0 건 0 원

【심사청구료】

31 항 1,101,000 원

【합계】

1,154,000 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

주사형 전자현미경으로 촬영한 반도체 웨이퍼 표면의 이미지파일을 이용하여 반도체 웨이퍼 표면에 성장된 입자의 성장도를 컴퓨터로 자동으로 계산하여 수치화 하는 방법과 이를 위한 장치를 개시한다. 이 방법은 컴퓨터를 이용하여 소프트웨어적으로 수행된다. 관찰하고자 하는 웨이퍼를 주사전자현미경에 로딩하고 웨이퍼 상의 관찰부위가 지정되어 있는 레서피를 열어 자동으로 관찰부위를 찾아간 다음, 웨이퍼 표면의 소정 부위의 전자현미경 사진을 촬영함과 동시에 지정된 데이터베이스에 저장한다. 모든 측정 부위에 대해 이와 같은 작업을 반복적으로 수행한 후, 자동수치화 프로그램을 실행한다. 자동 수치화는 우선, 분석화면 프레임에 메쉬를 적용하여 측정된 이미지 상에서 필요한 분석영역을 선택한 다음, 노이즈의 영향을 약화시키기 위해 메쉬로 지정된 영역의 각 픽셀마다 주변 픽셀들의 이미지데이터의 평균값을 이용한 스무딩처리를 수행한다. 또한, 측정된 이미지들간에 나타나는 밝기 차이를 없애기 위해 각 이미지별로 표준화처리를 행한다. 표준화된 이미지의 각 픽셀의 이미지데이터 값을 소정의 문턱값과 비교하여 밝기가 문턱값을 초과하는 픽셀의 수를 합산하고, 합산된 픽셀 수와 분석대상 이미지를 구성하는 총 픽셀 수간의 비율을 수치화하면 관찰대상이 되는 소정의 웨이퍼 표면에 대한 입자 성장도를 구할 수 있다.

【대표도】

도 3

【명세서】**【발명의 명칭】**

주사전자현미경 이미지를 이용한 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법
과 이를 위한 장치 {method of numerically analyzing growth degree of grains on a
semiconductor wafer by using a SEM image and apparatus for realizing the same}

【도면의 간단한 설명】

본 발명의 실시예에 관한 상세한 설명은 첨부하는 도면을 참조하여 이루어질 것이
며, 도면에서 대응되는 부분을 지정하는 번호는 같다.

도 1은 본 발명에 따른 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도를 수치적으로 분석하기
위한 장치의 일 예를 도시한다.

도 2는 시료인 반도체 웨이퍼 상에 HSG가 성장된 OCS형 캐패시터를 형성시킨 경우
를 도시한다.

도 3은 반도체 웨이퍼 상의 입자성장도를 수치화 하는 본 발명의 제1 수치화알고리
즘의 실행순서를 도시한다.

도 4는 반도체 웨이퍼 상의 입자성장도를 수치화 하는 본 발명의 제2 수치화알고리
즘의 실행순서를 도시한다.

도 5는 하나의 OCS형 캐패시터 셀의 SEM 이미지 프레임에 메쉬라인을 생성된 상태
를 예시적으로 보여준다.

도 6a와 도 6b는 각각 도 5에 도시된 수치화대상영역(62)의 상측과 하측의 소정부
위를 확대한 SEM이미지를 나타낸다.

도 7a와 도 7b는 각각 도 6a와 도 6b의 SEM 이미지의 이미지데이터 값을 0에서 250 사이의 값으로 변환하여 5등급으로 구분하였을 때 크기 분포를 예시적으로 보여준다.

도 8a와 8b는 각각 도 6a와 도 6b의 SEM 이미지의 이미지데이터를 표준화 처리한 후에 얻어진 이미지를 예시적으로 보여준다.

도 9a는 스무딩처리를 하지 않은 상태의 이미지를 예시적으로 보여주며, 도 9b는 스무딩처리를 한 후의 이미지를 예시적으로 보여준다.

도 10a, 10b, 10c는 문턱값을 세 가지로 설정한 경우에 HSG 성장도의 계산값과 HSG 성장상태의 이미지를 예시적으로 도시하고 있다.

도 11a~11c는 각각 소정의 HSG 성장조건을 적용하여 OCS형 캐패시터를 성장시키는 과정에서 문턱값을 121로 정하여 수치화 알고리즘을 적용한 경우의 SEM 이미지와 계산된 HSG의 성장도를 예시적으로 보여준다.

도 12a와 12b는 각각 반도체 웨이퍼 상의 측정위치와 HSG의 성장시간에 따라서 HSG의 성장도를 계산한 결과를 예시적으로 보여주는 그래프이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

전자총(electron gun) : 12 제1 콘덴서렌즈 : 16

제2 콘덴서렌즈 : 18 스캐닝코일 : 20

역산란검출기 : 22

역산란전자(backscattered electron) : 24

이차전자(secondary electron) : 26

스테이지 : 28 시료 : 30

이차전자검출기 : 32 화상처리기 : 34

컴퓨터 : 36 아날로그/디지털 변환기 : 37

모니터 : 38

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<24> 본 발명은 반도체 웨이퍼의 표면상태를 분석/평가하는 방법과 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 주사형 전자현미경(scanning electron microscopy: SEM)으로 촬영한 반도체웨이퍼 표면의 이미지파일을 이용하여 반도체웨이퍼 표면에 성장된 입자의 성장도를 컴퓨터로 자동으로 계산하여 수치화 함으로써 반도체 웨이퍼의 표면의 입자성장상태를 정량적으로 정확하게 분석/평가하기 위한 방법과 이를 위한 장치에 관한 것이다.

<25> 반도체 제조공정상 제품의 미세화와 함께 줄어드는 캐패시터 크기를 보상하여 용량을 증가시키기 위한 개선 방안이 제시되었다. 특히, 캐패시터의 용량은 전극의 표면적에 비례하므로, 보다 넓은 캐패시터 전극의 표면적을 확보하기 위한 점에 공정개선의 초점이 맞추어졌다. 반구형 입자(hemispherical grain: 이하 HSG)들을 캐패시터 전극의 표면에 성장시켜 전극의 표면적을 넓게 하는 방식이 이러한 공정개선의 대표적 예이다. 최근에는 HSG를 캐패시터 전극에 성장시키되 캐패시터 전극의 구조를 원 실린더 스택(one cylinder stack: 이하 OCS라 함)형으로 만들어 전극 자체의 표면적도 넓게 했으나 부족한 부분을 보상하기 위해 HSG 성장에 따른 표면적 확대도 도모하는 공정이 도입되었다.

<26> HSG 공정과 결합된 OCS공정의 도입으로 인하여 캐패시터의 표면적은 현저히 증대시

켜 대용량의 캐패시터 전극을 만들 수 있게 되었다. OCS 구조의 캐패시터는 상부면의 면적이 아주 좁은 반면 측벽의 표면적은 매우 넓다는 점에 그 특징이 있다. 그런데 OCS 구조의 캐패시터의 제조 공정에서 HSG의 성장 정도가 용량 확보에 민감하므로 HSG의 두께를 측정하는 방법이 이용되었다. 그러나, 이 방법은 OCS 공정의 도입 이후 공정 특성상 측정 테스트 부위의 HSG가 성장될 수 있는 폴리실리콘 박막이 에칭되는 문제로 인하여 적용될 수 없다.

<27> 이를 해결하기 위한 대안으로, 셀 내의 광반산도(light reflectivity)를 측정하는 방법이 제안된 바 있으나, 이 방법은 변별력이 약하다는 점이 문제로 지적되었다.

<28> 한편, 주사형 전자현미경(SEM)은 반도체 웨이퍼의 표면 상태를 정밀하게 촬영하여 공정 결함을 분석하는 도구로서 널리 이용되고 있다. 그러나 종래에는 SEM 장비를 이용하더라도 OCS 구조의 캐패시터의 HSG의 성장상태를 단순히 촬영하여 이미지를 디스플레이 해줄 뿐, HSG가 어느 정도 성장되었는지는 오로지 작업자가 디스플레이된 이미지를 직접 관찰하여 경험적으로 판단하였다. 이와 같은 수동방식의 판단방법은 시간과 노력을 많이 필요로 할뿐만 아니라 작업자의 오차를 인하여 HSG의 성장도를 정량적으로 정확하게 판단한다는 것이 쉽지 않은 문제가 있었다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<29> 위와 같은 점들을 고려하여, 본 발명은 SEM 장비가 촬영하여 생성한 반도체 웨이퍼 표면의 이미지데이터로부터 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도를 계산하여 수치화 함으로써 입자성장도의 분석을 자동화 할 수 있는 방법과 이를 위한 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <30> 상기와 같은 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 제1 측면에 따르면, 주사전자현미경(SEM)이 반도체 웨이퍼 표면의 소정 부위를 촬영하여 생성된 이미지파일에
서 상기 소정 부위 상의 입자성장도를 수치화하기 위한 수치화대상영역을 선택하는
단계;
- <31> 선택된 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 표준화하는 단계;
- <32> 표준화된 각 픽셀의 이미지데이터의 값을 소정의 문턱값과 비교하여 상기 문턱값보다 더 큰 값을 갖는 픽셀의 수를 카운트하는 단계; 및
- <33> 카운트된 픽셀 수의 상기 수치화대상영역 내의 전체 픽셀의 수에 대한 비율을 계산하여 상기 수치화대상영역의 표면의 입자성장도를 수치화 하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법이 제공한다.
- <34> 본 발명의 제2 측면에 따르면, 주사전자현미경을 이용하여 반도체 웨이퍼 표면의 소정 부위를 촬영하여 획득된 이미지를 모니터에 디스플레이 하는 단계;
- <35> 상기 소정 부위의 입자성장도를 수치화하기 위해 디스플레이된 이미지에서 사용자가 수치화대상영역을 지정하면, 상기 수치화대상영역 내의 픽셀들의 이미지데이터를 표준화하는 단계; 및
- <36> 상기 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터의 표준화값을 소정 크기의 문턱값과 비교하여 상기 문턱값보다 더 큰 표준화값을 갖는 픽셀의 수를 카운트하는 단계;
및
- <37> 카운트된 픽셀수의 상기 수치화대상영역 내의 전체 픽셀수에 대한 비율을 계산하여

상기 수치화대상영역의 표면의 입자성장도를 수치화 하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법이 제공된다.

<38> 상기 분석방법은 상기 표준화 처리에 앞서, 아날로그신호를 디지털신호로 변환시 발생할 수 있는 노이즈를 제거하기 위해 상기 수치화대상영역 내의 각 픽셀들의 이미지데이터를 주변 픽셀들의 이미지데이터의 평균값을 이용하여 스무딩처리를 하는 단계를 더 구비하는 것이 바람직하다.

<39> 상기 표준화 처리는 아래의 표준화 식,

$$NC_{ij} = \frac{C_{ij} - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}} \times K$$

<41> 를 이용한 계산에 의해 수행된다. 여기서 상기 NC_{ij} 는 (i, j)지점 픽셀의 표준화된 이미지데이터의 값이고, 상기 C_{ij} 는 상기 (i, j)지점 픽셀의 표준화되지 않은 이미지데이터의 값이며, 상기 C_{\min} 은 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의 최소값이며, 상기 C_{\max} 는 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의 최대값이며, 상기 K는 상수이다. 상기 상수 K는 상기 모니터의 전체 색계조 수로 설정하는 것이 바람직하다.

<42> 상기 제2 측면에 따른 분석방법은, 상기 모니터의 화면을 다수의 서브영역으로 구획하는 메쉬라인을 상기 디스플레이된 이미지 상에 생성하는 단계를 더 구비하여 상기 사용자가 하나이상의 서브영역을 상기 수치화대상영역으로 지정하도록 하는 것이 바람직하다.

<43> 한편, 본 발명의 제1 측면에 따른 분석방법을 수행하기 위해, 본 발명은 반도체 웨이퍼 표면의 소정 부위를 촬영하여 이미지신호를 생성하기 위한 주사전자현미경;

- <44> 상기 주사전자현미경이 생성한 상기 이미지신호를 디지털데이터로 변환하는 아날로그/디지털 변환수단;
- <45> 상기 디지털데이터를 이미지파일로 저장하고, 저장된 상기 이미지파일을 오픈 하여 상기 소정 부위 상의 입자성장도를 수치화하기 위한 수치화대상영역을 자동으로 선택하고, 선택된 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 표준화하며, 표준화된 이미지데이터의 값을 소정의 문턱값과 비교하여 상기 문턱값보다 더 큰 값을 갖는 픽셀의 수를 카운트하고, 카운트된 픽셀 수의 상기 수치화대상영역 내의 전체 픽셀 수에 대한 비율을 계산하여 상기 수치화대상영역의 표면의 입자성장도를 수치화 하는 컴퓨터수단; 및
- <46> 계산된 상기 비율을 디스플레이하기 위한 디스플레이수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도의 수치적 분석장치를 제공한다.
- <47> 또한, 본 발명의 제2 측면에 따른 분석방법을 수행하기 위해, 본 발명은, 반도체 웨이퍼 표면의 소정 부위를 촬영하여 이미지신호를 생성하기 위한 주사전자현미경;
- <48> 상기 주사전자현미경이 생성한 상기 이미지신호를 디지털데이터로 변환하는 아날로그/디지털 변환수단;
- <49> 상기 이미지신호를 입력받아 상기 소정 부위의 이미지를 화면에 디스플레이 하는 디스플레이수단; 및
- <50> 상기 디지털데이터를 입력받아 이미지파일로 저장하고, 상기 디스플레이수단의 화면을 다수의 서브영역으로 구획하는 메쉬라인을 디스플레이된 상기 소정 부위의 이미지 상에 오버랩 되도록 생성하고, 사용자가 상기 디스플레이수단의 화면상에서 소정의 서브영역을 선택하여 수치화대상영역으로 지정하면 저장된 상기 이미지파일을 오픈 하여 선

택된 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 표준화하며, 표준화된 이미지데이터의 값을 소정의 문턱값과 비교하여 상기 문턱값보다 더 큰 값을 갖는 픽셀의 수를 카운트하고, 카운트된 픽셀 수의 상기 수치화대상영역 내의 전체 픽셀 수에 대한 비율을 계산하여 상기 수치화대상영역의 표면의 입자성장도를 수치화하고, 계산된 상기 비율을 상기 디스플레이수단에 제공하여 화면에 표시되도록 하는 컴퓨터수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도의 수치적 분석장치를 제공한다.

<51> 표준화 처리를 위해 적용하는 표준화 식은 앞서 언급한 것과 동일하다.

<52> 상기 컴퓨터수단은, 상기 표준화에 앞서, 상기 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 주변 픽셀들의 이미지데이터의 평균값을 이용하여 스무딩처리를 하는 것이 바람직하다.

<53> 본 발명의 다른 특징과 이점은 아래의 상세한 설명과 본 발명의 다양한 실시예의 특징을 예시하는 첨부하는 도면을 참조하면 보다 명확해질 것이다.

<54> 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 일 실시예에 관하여 상세히 설명하기로 한다.

<55> 도 1은 본 발명에 따른 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도를 수치적으로 분석하기 위한 장치의 일예를 도시한다. 이 분석장치는 자체에 컴퓨터를 내장한 SEM 장치가 될 수 있다. 일반적으로, 주사전자현미경은 전자의 발생부인 전자총(electron gun)(12); 전자총(12)에서 발생된 전자를 모아서 시료(30)의 표면에 조사해 주며 화상의 배율을 조절하는 기능을 갖는 제1 콘덴서렌즈(16), 제2 콘덴서렌즈(18) 및 스캐닝코일(20)을 포함하는 전자렌즈계(Electron lens)(16, 18, 20); 시료(30)를 올려놓는 스테이지(28)와 역산란

전자(backscattered electron)(24)를 검출하는 역산란검출기(22)와 이차전자(secondary electron)(26)를 검출하기 위한 이차전자검출기(32)가 있는 챔버계; 그리고 검출기들(22, 32)이 만들어낸 전기적인 이미지신호를 처리하여 화면에 디스플레이하기 위해 스캐너와 같은 화상처리기(34)와 모니터(38)로 구성되는 디스플레이계(34, 38)를 포함한다. 나아가 SEM 장비는 필요한 데이터처리나 장비의 동작을 제어하기 위해 컴퓨터(36)와, 이차전자검출기(32)에서 출력되는 아날로그 이미지신호를 디지털신호로 변환하여 상기 컴퓨터(36)에 제공하는 아날로그/디지털 변환기(37)를 더 포함한다.

<56> SEM은 전자빔(14)을 시료(30)의 표면에 조사하여 튀어나오는 2차 전자(secondary electron)(26)와 역산란전자(backscattered electron)(24)를 이용하여 이미지를 만들어 시료의 표면 상태를 관찰하는 현미경을 말한다.

<57> 도 2는 시료(30)가 반도체 웨이퍼인 경우, 특히 반도체 웨이퍼 상에 HSG(52)가 성장된 OCS형 캐패시터 셀(50)의 일부(54)를 도시한다. 본 발명의 방법을 실행하기 위해서는 우선, 시료(30)인 반도체 웨이퍼 표면 특히, 캐패시터 셀(50)의 표면 이미지를 촬영하여 이미지데이터를 확보해야 한다. 이미지촬영을 위해 다음의 절차를 수행한다.

<58> 먼저, SEM 촬영작업 레서피(recipe)를 선택하면, 스테이지(28) 상에 검사하고자 하는 시료(30)인 반도체 웨이퍼가 올려지게 되고, 검사하고자 하는 지정된 부위로 찾아가게 된다. 이 때, 스테이지(28)를 기울여 적정 배율과 초점을 결정하여 이미지를 스캔하고 저장한다. 스택(stack)형 캐패시터와는 달리 OCS형 캐패시터 셀(50)은 상부면의 표면적이 좁기 때문에 상부면의 이미지만으로는 HSG의 성장상태를 정확하게 판단할 수 없으므로, HSG가 많이 성장되는 캐패시터 셀(50)의 측벽면의 이미지가 필요하다. 따라서, 스테이지(28)를 소정의 각도 예컨대, 45도 정도로 경사지게 하여 전자빔(24')을 OCS형 캐

패시터 셀(50)의 상부면과 측벽면에 고르게 조사할 필요가 있다.

<59> 전자빔(24')은 전자총(12)에 고전압을 가하여 만든다. 전자총(12)으로부터 방출된 전자는 전자렌즈계(16, 18, 20) 내에서 가속전압에 의해 가속되고 집속되어서 시료(30)에 조사된다. 전자빔(14)이 시료(30)에 조사되면, 2차 전자(26)와 역산란전자(24) 등을 비롯한 여러 가지의 다양한 정보를 갖는 전자가 방출된다. 검출기(32, 22)들은 2차 전자(26)와 역산란전자(24) 등을 검출하여 이를 전기적인 신호로 변환하고 증폭하여 아날로그 형태의 이미지신호를 만든다. 특히, 2차 전자로 얻어지는 주사전자현미경의 영상은 초점심도가 깊어서 파단면 같이 요철이 심한 시료도 깨끗한 영상을 얻을 수 있다. 만들어진 이미지신호는 화상처리기(34)통해 모니터(38)에 전달되어 시료(30)의 표면 이미지가 디스플레이 되거나 카메라(비도시)에 의해 사진으로 재생된다. 또한, 이미지신호는 A/D 변환기(37)에 의해 디지털데이터로 변환되어 컴퓨터(36)에 이미지파일로 저장된다. 이미지파일은 검사슬롯의 식별번호와 측정위치에 관한 정보와 연 관시켜 저장한다.

<60> 또 다른 방식으로서는 SEM에게 역산란전자를 이미지 파일로 저장하지 않고 역산란전자의 데이터 자체를 전기적 신호로 인식하여 이 전기적 신호를 상기 이미지 파일에서와 같이 메모리에 저장하여 기초 데이터로 사용할 수 있다. 그런데, 사용자와 인터페이스를 좋게 하기 위해서 SEM에서의 이미지데이터를 가지고 처리함이 보다 유용하다.

<61> 위와 같은 절차를 통해 시료(30)의 표면에 관한 이미지파일이 준비되면, OCS형 캐패시터 셀의 HSG의 성장도를 자동으로 수치화 한다. 이 수치화는 컴퓨터(36)에 의해 수행된다. 따라서 컴퓨터(36)는 수치화를 위한 프로그램을 내장한다.

<62> 본 발명은 두 가지의 수치화 알고리즘을 실시예로서 제안한다. 그 중 하나는

도 3에 도시된 순서에 따른 제1 수치화 알고리즘이며, 다른 하나는 도 4에 도시된 순서에 따른 제2 수치화 알고리즘이다. 이들 두 알고리즘의 차이는, 제1 수치화 알고리즘이 수치화 대상영역을 프로그램이 자동으로 설정하는 방식을 취하는데 비해, 제2 수치화 알고리즘은 수치화 대상영역을 사용자가 설정하는 방식을 취한다는 것이다.

<63> 먼저, 도 3의 흐름도에 따른 제1 수치화 알고리즘을 설명한다.

<64> 사용자는 모니터(38)의 화면에서 수치화 프로그램을 실행한다. 수치화 실행명령이 내려지면 초기화면에서 수치화 레서피 명을 선택하는 메뉴를 제공하여 사용자가 레서피명(Recipe Name)을 선택할 수 있도록 한다. 수치화 레서피에는 수치화 작업을 수행할 이미지파일의 저장 디렉토리, 수치화대상영역의 면적과 위치, 문턱값 등의 정보 및 이미지파일을 재 저장할 디렉토리에 관한 정보가 들어있다. 사용자는 레서피명에서 수치화 할 이미지파일을 선택한다. 컴퓨터(36)는 사용자의 수치화 실행명령에 응답하여, 수치화 프로그램을 구동한다(S10 단계).

<65> 수치화 프로그램이 실행되면, 수치화 프로그램은 컴퓨터(36)내의 메모리에 상주하면서 하드디스크에 저장되어 있는 수치화 할 이미지 파일을 메모리로 읽어들인다. 그리고 수치화 처리를 하기 위해 이미지파일을 오픈 하여 다음과 같은 소정의 데이터 처리를 한다(S12 단계). 여기서, 수치화 처리는 여러 개의 이미지파일을 한꺼번에 수치화 하는 일괄처리방식 혹은 하나의 이미지파일을 별도로 처리하는 개별처리방식 어느 것이나 가능하다. 일괄처리를 위해서는 여러 개의 수치화할 이미지파일을 하드디스크의 특정 디렉토리에 미리 저장해 두었다가 필요한 경우에 상기 특정 디렉토리를 지정하면서 수치화 처리를 명령하면 된다. 그러면, 컴퓨터는 상기 특정 디렉토리에 저장된 여러 개의 이미지 파일을 순차적으로 오픈 하면서 수치화 처리를 수행하고 각 이미지 파일에 대한 수치

화 결과를 만들어 낸다.

<66> 개별처리의 경우에는, 하드디스크에 저장되어 있는 이미지 파일을 하나씩 지정하여 수치화를 수행하는 방안이 가능하며, 다른 방안으로서 SEM이 생성한 이미지 파일을 하드디스크에 저장하기 전인 메모리에 임시로 저장되어 있는 상태에서 곧바로 수치화 처리를 수행하여 공정상태를 중간점검하고 만족스러운 공정결과가 얻어질 때 이미지 파일과 수치화 결과를 하드디스크에 저장하는 방안도 가능하다.

<67> 이미지파일을 오픈한 다음에는 이미지파일의 데이터 중에서 입자성장도를 수치화하기 위한 수치화대상영역을 자동으로 선택한다(S14 단계). SEM이 생성하는 이미지파일은 여러 가지 파일 형태로 저장할 수 있는데, 그 중 한 예로서 TIFF(Tagged Image File Format) 파일 형태로 이미지 데이터를 압축하여 저장한다.

<68> 도 5는 수치화대상인 하나의 OCS형 캐패시터 셀의 SEM 이미지로서 특히 OCS형 캐패시터의 상부면(68)과 측벽면(70)의 이미지를 보여준다. 이 이미지는 스테이지(28)의 경사각 θ 가 대략 45도로 하여 촬영하여 얻은 것이다. SEM 이미지는 도 5와 같이 이미지의 중앙부위 수치화대상인 OCS형 캐패시터 셀이 이미지의 중앙에 항상 같은 비율로 캡처되도록 한다.

<69> 수치화대상영역을 자동 선택은 메쉬 알고리즘(Mesh Algorithm)에 의해 이루어진다. 즉, 메쉬 알고리즘은 전체 이미지 상의 밝기 편차에 의한 계산상의 오류를 줄이기 위해 도입된 알고리즘이다.

<70> 먼저, 이미지를 x축과 y축으로 각각 적정한 크기로 등분하여 메쉬형태의 다수의 서브영역으로 분할한다. 도 5는 이미지를 x축과 y축으로 각각 5개의 메쉬라인(64a, 64b,

..., 64e)과 (66a, 66b, ..., 66e)를 이용하여 80픽셀 간격으로 6등분한 경우를 도시한다. 다만, 이와 같은 이미지의 분할은 모니터(38)의 화면에서 이루어지는 것이 아니라 이미지파일의 데이터를 이와 같은 방식으로 등분하는 것이다.

<71> 이미지파일을 분할한 다음 수치화계산을 수행할 영역 즉, 데이터를 자동으로 선택한다. 이미지파일 전체에 대하여 수치화 계산을 수행할 수도 있지만, HSG 성장상태를 보다 정확하게 분석하기 위해 적합한 수치화대상영역을 선정하는 것이 더 바람직하다. 왜냐하면, 도 5에서 알 수 있듯이, 이미지의 상부면(68)과 측벽면(70)의 상부는 측벽면(70)의 하부에 비하여 밝기가 낮기 때문에 계산의 정확도가 떨어진다. 따라서, 밝기의 차이가 크게 나지 않는 영역을 수치화대상영역으로 선정하여 HSG 성장도 계산의 정확도를 가능한 한 높이는 방식을 취하는 것이 더 바람직하다. 이러한 관점에서, 도 5에서 수치화대상영역은 굵은 선 안의 영역(62)으로 설정한다. 이 영역(62)에 해당하는 데이터는 좌표값을 이용하여 이미지파일로부터 추출한다. 즉, 메쉬라인 (64a, 66b)의 교차점, 메쉬라인 (64e, 66b)의 교차점, 메쉬라인 (64a, 66d)의 교차점, 메쉬라인 (64e, 66d)의 교차점의 좌표값과 각 픽셀의 이미지데이터의 좌표값을 비교하여 수치화대상영역(62) 안에 위치하는 이미지데이터를 추출함으로써 수치화대상영역의 데이터를 자동으로 선택한다.

<72> 수치화대상영역의 데이터가 추출된 다음에는, 추출된 이미지데이터를 표준화한다 (S18 단계). 도 6a는 도 5에 도시된 수치화대상영역(62)의 상측의 소정부위를 확대한 SEM이미지이며, 도 6b는 도 5에 도시된 수치화대상영역(62)의 하측의 소정부위를 확대한 SEM이미지이다. 도 6a와 도 6b에 표시된 이들 두 확대 이미지를 수치화 하면 도 7a와 도 7b에 도시된 것처럼 이미지데이터 값의 분포가 밝기와 콘트라스트에 따라 매우 다르게 나타난다. 도 7a와 도 7b는 이미지데이터 값을 0에서 250 사이의 값으로 변환하여 5

등급으로 구분하였을 때 크기 분포를 보여주는 도면인데, 밝기가 낮은 도 6a의 이미지를 수치화 하면 150 이하의 데이터가 많이 존재하는 모습으로 나타나며, 반대로 밝기가 높은 도 6b의 이미지를 수치화 하면 150 이상의 데이터가 많이 존재하는 모습으로 나타난다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 상태에서는 HSG 성장도를 객관적으로 판단하기가 매우 곤란하기 때문에 수치화대상영역(62) 내의 이미지데이터의 최대값과 최소값을 이용하여 수치화대상영역(62) 내의 각 이미지데이터의 값을 표준화하는 것이 HSG 성장도를 정확하게 판단하는 데 훨씬 유리하다.

<73> 수치화대상영역(62) 내의 각 픽셀의 이미지데이터의 표준화는 아래의 수학적식 (1)에 의해 이루어진다.

<74> 【수학적식 1】

$$NC_{ij} = \frac{C_{ij} - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}} \times K$$

<75> 여기서, 여기서 상기 NC_{ij} 는 (i, j)지점 픽셀의 표준화된 픽셀데이터의 값이고, 상기 C_{ij} 는 상기 (i, j)지점 픽셀의 표준화되지 않은 픽셀데이터의 값이며, 상기 C_{\min} 은 상기 수치화대상영역 내의 픽셀데이터의 최소값이며, 상기 C_{\max} 는 상기 수치화대상영역 내의 픽셀데이터의 최대값이며, 상기 K는 상수이다. 상기 상수 K는 모니터(38)의 전체 색계조수로 하는 것이 바람직하다. 예컨대, 모니터(38)의 색계조수가 256인 경우에는 상수 K도 256으로 한다.

<76> 위 수학적식 1을 이용하여 수치화대상영역(62) 내의 모든 픽셀데이터를 표준화하면 표준화 데이터값 NC_{ij} 은 0과 K사이의 값을 가지게 된다. 도 8a와 8b에 도시된 SEM 이미

지는 각각 도 6a와 도 6b의 SEM 이미지를 위와 같은 방식으로 표준화 처리를 한 다음 얻은 이미지로서, 수치화된 밝기 등급이 균일하게 분포하고 있음을 알 수 있다.

<77> 한편, 위와 같은 표준화 처리에 앞서, 각 픽셀의 이미지데이터에 대한 스무딩처리를 하는 것이 바람직하다(S16 단계). 스무딩처리는 반드시 해야하는 것은 아니지만, 보다 정확한 수치화 계산 결과를 얻기 위해서는 필요하다. 표준화 처리는 수치화대상영역(62)의 픽셀데이터의 최대값과 최소값을 이용하는데, 이 최대값과 최소값을 결정할 때 이미지 상의 디지털화 노이즈(digitization noise)가 발생할 경우 최대값 혹은 최소값에 노이즈가 반영되어 표준화 처리의 결과에 큰 에러가 생길 가능성이 높다. 이러한 문제는 각 픽셀의 이미지데이터에 포함되어 있을지도 모를 노이즈 성분의 영향을 최소화하는 조치 즉, 스무딩 처리에 의해 해결될 수 있다.

<78> 스무딩 처리는 상기 수치화대상영역 내의 각 픽셀들의 이미지데이터를 주변 픽셀들의 이미지데이터의 평균값을 이용하여 변경한다. 한 가지 방법으로서, 아래의 수학적식을 이용할 수 있다.

<79> 【수학적식 2】

$$AC_{ij} = \frac{\sum_{k=0, l=0}^{k=2, l=2} C_{i+k, j+l}}{9}$$

<80> 위 스무딩식은 스무딩 대상 픽셀의 이미지데이터를 그 자신을 에워싸고 있는 주변의 8개의 픽셀의 이미지데이터와 자신의 이미지데이터의 평균값을 산출해준다. 스무딩 대상 픽셀의 기존의 이미지데이터를 산출된 평균값으로 대체한다. 이와 같은 방식을 수치화대상영역(62) 내의 모든 픽셀에 대하여 적용하면 스무딩 처리가 완료된다.

- <81> 그런데, 이미지데이터의 평균값 산출에 포함할 픽셀은 반드시 위와 같이 9개로 하여야 하는 것은 아니다. 스무딩 대상 픽셀을 제외할 수도 있으면, 주변의 8개의 픽셀 중 적절한 개수 예컨대, 상하좌우의 4개의 픽셀만을 대상으로 평균값을 구할 수도 있을 것이다.
- <82> 도 9a는 스무딩처리를 하지 않은 상태의 이미지를 보여주며, 도 9b는 위와 같은 방식으로 스무딩처리를 한 후의 이미지를 보여준다. 이들 두 이미지를 비교해 보면, 도 9b의 이미지에는 노이즈가 거의 제거된 이미지인 것을 확인할 수 있다.
- <83> 위와 같은 스무딩 처리와 표준화 처리를 거치면, 수치화대상영역(62) 내의 표준화된 이미지데이터가 얻어지는 이를 이용하여 HSG의 성장도를 수치화 하는 처리를 수행한다 (S20 단계). HSG의 성장도의 계산을 위해 먼저, 수치화대상영역(62) 내의 각 픽셀의 표준화된 이미지데이터의 값을 소정의 문턱값과 비교하여 상기 문턱값보다 더 큰 값을 갖는 픽셀의 수를 카운트한다. 그리고 카운트된 픽셀의 수와 수치화대상영역(62) 내의 전체 픽셀의 수에 대한 비율을 계산한다. 계산된 비율은 수치화대상영역(62)의 표면의 HSG 성장도가 된다.
- <84> 여기서, 상기 문턱값은 HSG의 성장도를 수치적으로 나타내기 위한 기준값이다. 이 문턱값의 크기는 표준화된 이미지데이터의 최소값과 최대값 사이에서 혹은 모니터(38)의 전체 색계조수의 범위인 0과 K 사이에서 적절한 값으로 정하면 된다. 도 10a, 10b, 10c는 문턱값을 세 가지로 설정한 경우에 HSG 성장도의 계산값과 HSG 성장상태의 이미지를 예시적으로 도시하고 있다. 문턱값을 200으로 설정한 경우에는 HSG의 성장도가 8%로 계산되며, 문턱값이 121로 설정된 경우에는 HSG가 68% 성장된 것으로 계산되며, 문턱값을 보다 낮게 설정하여 89로 한 경우에는 HSG가 84%나 성장된 것으로 계산된다. 동일한 SEM

이미지파일에 대하여 문턱값을 0에 가깝게 설정하면 HSG의 성장도는 높게 나타나는 반면 문턱값을 K에 가깝게 설정하면 HSG의 성장도는 낮게 나타난다. 이러한 특성을 잘 고려하여 실제 적용에서는 계산 결과와 실제의 SEM 이미지를 비교하여 HSG의 성장도를 정확하게 평가할 수 있는 최적의 문턱값 데이터를 확보하는 시도를 할 필요가 있다.

<85> 위와 같은 일련의 처리를 통해 HSG 성장도의 계산결과가 얻어지면, 컴퓨터(36)는 그 계산결과를 화상처리기(34)를 통해 모니터(38)로 제공하여 사용자가 계산결과를 화면상으로 확인할 수 있도록 한다. 이와 병행하여 계산결과에 대응하는 이미지를 모니터(38)에 함께 디스플레이 하도록 하는 것이 바람직하다.

<86> 다음은, 도 4의 흐름도를 참조하여 제2 수치화 알고리즘을 설명한다. 제2 수치화 알고리즘은 수치화대상영역을 컴퓨터(36)가 선택하는 것이 아니라 사용자가 모니터(38)에 디스플레이된 SEM 이미지를 보고 직접 선택한다는 점에서 차이가 있고, 일단 수치화 대상영역이 선택된 다음에 이루어지는 스무딩처리, 표준화처리, 문턱값을 활용한 HSG 성장비율의 계산 등은 동일한 방식으로 진행된다. 따라서, 여기서는 차이가 있는 부분에 대해서만 설명을 하기로 한다.

<87> 우선, 사용자의 수치화명령이 모니터링 되면, 컴퓨터(36)는 메모리에 있는 이미지파일을 오픈 한다(S32 단계). 물론, 상기 이미지파일은 하드디스크에 일단 저장되었던 것일 수도 있고, 하드디스크에 저장되기 전의 최초의 이미지파일일 수도 있다.

<88> 컴퓨터(36)는 오픈된 이미지파일의 데이터를 읽어서 화상처리기(34)에 제공하여 모니터(38)에 SEM이미지가 디스플레이 되도록 한다(S32 단계). 예컨대, 도 5와 같은 SEM 이미지가 모니터(38)에 디스플레이 될 것이다.

<89> 이와 더불어, 컴퓨터(36)는 사용자에게 의한 수치화대상영역의 지정을 지원하기 위해, 도 5에 도시된 것처럼 모니터(38)의 화면을 다수의 서브영역으로 구획하는 다수의 메쉬라인(64a, 64b, ..., 64e)과 (66a, 66b, ..., 66e)를 디스플레이된 이미지 상에 오버랩 되도록 생성시킨다(S34 단계). 사용자는 OCS형 캐패시터 셀을 촬영한 SEM 이미지와 메쉬라인이 오버랩 되어 디스플레이 된 모니터(38)의 화면에서, 수치화대상영역을 마우스(비도시)와 같은 입력수단을 이용하여 선택한다.

<90> 컴퓨터(36)는 사용자의 선택을 모니터링 하여 선택된 수치화대상영역에 대응하는 이미지데이터를 메모리에 저장되어 있는 이미지파일에서 찾아낸다(S36 단계). 도 5에 표시된 굵은 선(62)안의 8개의 서브영역이 사용자가 선택한 수치화대상영역이라고 할 때, 이 수치화대상영역(62) 안에 포함되는 이미지데이터는 좌표데이터를 활용하여 상기 이미지파일로부터 추출할 수 있다. 이 방식에 따르면 사용자가 화면에 나타난 이미지를 직접 보면서 수치화대상영역을 선택하므로, 선택된 수치화대상영역의 적정성이 제1 수치화알고리즘에 비해 더 우수할 수 있다. 다만, 사용자가 직접 선택해야 한다는 점에서는 자동화의 정도가 낮아진다는 단점이 있다.

<91> 수치화대상영역의 이미지데이터를 추출한 다음에는, 앞서 제1 수치화알고리즘에서 설명한 바와 같은 방식으로 추출된 이미지데이터에 대하여 스무딩처리(S38 단계), 표준화 처리(S40 단계), 문턱값을 초과하는 이미지데이터의 픽셀수의 카운트(S42 단계), 그리고 HSG 성장도의 계산(S44 단계) 등의 단계를 수행한다.

<92> 도 11a~11c는 소정의 HSG 성장조건을 적용하여 OCS형 캐패시터 셀을 성장시키는 과정에서 문턱값을 121로 정하여 위와 같은 수치화 알고리즘을 적용한 경우의 SEM 이미지와 계산된 HSG의 성장도를 보여주고 있다. HSG 성장시간이 60초, 100초 그리고 140초 경

과한 경우에 HSG는 각각 36%, 54%, 그리고 66% 정도 성장되었음을 수치적으로 알 수 있다.

<93> 도 12a와 12b의 그래프는 반도체 웨이퍼(30) 상의 측정위치와 HSG의 성장시간에 따라서 HSG의 성장도를 계산한 결과를 예시적으로 보여주고 있다. 그래프에서 T, L, C, R, F는 SEM 이미지의 측정위치가 각각 웨이퍼의 상하좌우와 프랫존 임을 각각 나타낸다.

<94> 한편, 위와 같은 수치화 알고리즘은 SEM 장비에 부속되어 있는 컴퓨터(36)에 설치하여 오프라인 형태로 운용할 수도 있지만, 랜(LAN)으로 통합되어 있는 다른 컴퓨터를 통해서는 온라인 방식으로 위와 같은 수치화 처리를 할 수도 있다. 이를 위해, 수치화 프로그램에 온라인 서비스 기능을 추가하면 된다.

<95> 이상에서는 OCS형 캐패시터 셀의 제조과정에서 HSG의 성장도를 수치화 하는 것을 예로 하여 설명하였지만, 본 발명은 이와 같은 경우에만 한정적으로 적용될 수 있는 것은 아니다. 본 발명은 시료의 SEM 이미지를 이용하여 시료의 표면의 요철분포도를 수치적으로 환산할 필요가 있는 경우에는 일반적으로 유용하게 적용될 수 있다.

【발명의 효과】

<96> 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 SEM 장비를 이용하여 촬영한 반도체 웨이퍼와 같은 시료의 표면의 입자성장도를 작업자의 시각적 관찰에 따른 판단을 구할 필요 없이, 프로그램에 의해 자동으로 계산해줌으로써 입자성장상태의 분석을 보다 신속하고 정확하게 할 수 있게 해준다. 그 결과, 제품의 품질 향상을 도모할 수 있을 뿐만 아니라 분석시간의 단축 등의 효과에 의해 생산성의 증대가 기대된다.

<97> 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야

의 속련된 당업자는 하기의 특허청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있다. 따라서, 특허청구범위의 등가적인 의미나 범위에 속하는 모든 변화들은 전부 본 발명의 권리범위안에 속함을 밝혀둔다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

주사전자현미경(SEM)이 반도체 웨이퍼 표면의 소정 부위를 촬영하여 생성된 이미지 파일에서 상기 소정 부위 상의 입자성장도를 수치화하기 위한 수치화대상영역을 선택하는 단계;

선택된 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 표준화하는 단계;

표준화된 각 픽셀의 이미지데이터의 값을 소정의 문턱값과 비교하여 상기 문턱값보다 더 큰 값을 갖는 픽셀의 수를 카운트하는 단계; 및

카운트된 픽셀 수의 상기 수치화대상영역 내의 전체 픽셀의 수에 대한 비율을 계산하여 상기 수치화대상영역의 표면의 입자성장도를 수치화 하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 2】

제 1항에 있어서, 계산된 상기 비율을 모니터에 디스플레이 하는 단계를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 3】

제 1항에 있어서, 상기 표준화 처리에 앞서, 상기 수치화대상영역 내의 각 픽셀들의 이미지데이터를 주변 픽셀들의 이미지데이터의 평균값을 이용하여 스무딩처리를 하는 단계를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 4】

제 1항에 있어서, 상기 표준화는 아래의 표준화 식,

$$NC_{ij} = \frac{C_{ij} - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}} \times K$$

를 이용한 계산에 의해 수행되며, 여기서 상기 NC_{ij} 는 (i, j)지점 픽셀의 표준화된 이미지데이터의 값이고, 상기 C_{ij} 는 상기 (i, j)지점 픽셀의 표준화되지 않은 이미지데이터의 값이며, 상기 C_{\min} 은 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의 최소값이며, 상기 C_{\max} 는 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의 최대값이며, 상기 K는 상수인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 5】

제 1항에 있어서, 상기 상수 K는 상기 모니터의 전체 색계조 수인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 6】

제 1항에 있어서, 상기 이미지파일은 캐패시터 표면상의 반구형입자(HSG)의 성장상태를 촬영한 이미지데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 7】

제 6항에 있어서, 상기 캐패시터는 원 실린더 스택(OCS) 구조의 캐패시터인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 8】

제 7항에 있어서, 상기 입자성장도의 수치화 대상은 상기 원 실린더 스택(OCS) 구조의 캐패시터의 측벽을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 9】

주사전자현미경을 이용하여 반도체 웨이퍼 표면의 소정 부위를 촬영하여 획득된 이미지를 모니터에 디스플레이 하는 단계;

상기 소정 부위의 입자성장도를 수치화하기 위해 디스플레이된 이미지에서 사용자가 수치화대상영역을 지정하면, 상기 수치화대상영역 내의 픽셀들의 이미지데이터를 표준화하는 단계; 및

상기 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터의 표준화값을 소정 크기의 문턱값과 비교하여 상기 문턱값보다 더 큰 표준화값을 갖는 픽셀의 수를 카운트하는 단계; 및

카운트된 픽셀수의 상기 수치화대상영역 내의 전체 픽셀수에 대한 비율을 계산하여 상기 수치화대상영역의 표면의 입자성장도를 수치화 하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 10】

제 9항에 있어서, 상기 모니터의 화면을 다수의 서브영역으로 구획하는 메쉬라인을 상기 디스플레이된 이미지 상에 생성하는 단계를 더 구비하여 상기 사용자가 하나이상

의 서브영역을 상기 수치화대상영역으로 지정하도록 하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 11】

제 9항에 있어서, 상기 표준화 처리에 앞서, 상기 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 주변 픽셀들의 이미지데이터의 평균값을 이용하여 스무딩처리를 하는 단계를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 12】

제 11항에 있어서, 상기 특정 픽셀의 스무딩처리는 상기 특정 픽셀의 이미지데이터를 상기 특정 픽셀의 주변 픽셀들과 상기 특정 픽셀의 이미지데이터의 평균값으로 대체하는 것에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 13】

제 9항에 있어서, 상기 표준화는 아래의 표준화 식,

$$NC_{ij} = \frac{C_{ij} - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}} \times K$$

를 이용한 계산에 의해 수행되며, 여기서 상기 NC_{ij} 는 (i, j)지점 픽셀의 표준화된 이미지데이터의 값이고, 상기 C_{ij} 는 상기 (i, j)지점 픽셀의 표준화되지 않은 이미지데이터의 값이며, 상기 C_{\min} 은 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의

최소값이며, 상기 C_{\max} 는 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의 최대값이며, 상기 K는 상수인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 14】

제 13항에 있어서, 상기 상수 K는 상기 모니터의 전체 색계조 수인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 15】

제 9항에 있어서, 상기 이미지는 캐패시터 표면상의 반구형입자(HSG)의 성장상태를 촬영한 이미지를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 16】

제 15항에 있어서, 상기 캐패시터는 원 실린더 스택(OCS) 구조의 캐패시터인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 17】

제 16항에 있어서, 상기 입자성장도의 수치화 대상은 상기 원 실린더 스택(OCS) 구조의 캐패시터의 측벽을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석방법.

【청구항 18】

반도체 웨이퍼 표면의 소정 부위를 촬영하여 이미지신호를 생성하기 위한 주사전자 현미경;

상기 주사전자현미경이 생성한 상기 이미지신호를 디지털데이터로 변환하는 아날로그/디지털 변환수단;

상기 디지털데이터를 이미지파일로 저장하고, 저장된 상기 이미지파일을 오픈 하여 상기 소정 부위 상의 입자성장도를 수치화하기 위한 수치화대상영역을 자동으로 선택하고, 선택된 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 표준화하며, 표준화된 이미지데이터의 값을 소정의 문턱값과 비교하여 상기 문턱값보다 더 큰 값을 갖는 픽셀의 수를 카운트하고, 카운트된 픽셀 수의 상기 수치화대상영역 내의 전체 픽셀 수에 대한 비율을 계산하여 상기 수치화대상영역의 표면의 입자성장도를 수치화 하는 컴퓨터수단; 및

계산된 상기 비율을 디스플레이하기 위한 디스플레이수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도의 수치적 분석장치.

【청구항 19】

제 18항에 있어서, 상기 컴퓨터수단은, 상기 표준화에 앞서, 상기 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 주변 픽셀들의 이미지데이터의 평균값을 이용하여 스무딩처리를 하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도의 수치적 분석장치.

【청구항 20】

제 18항에 있어서, 상기 표준화는 아래의 표준화 식,

$$NC_{ij} = \frac{C_{ij} - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}} \times K$$

를 이용한 계산에 의해 수행되며, 여기서 상기 NC_{ij} 는 (i, j) 지점 픽셀의 표준화된 이미지데이터의 값이고, 상기 C_{ij} 는 상기 (i, j) 지점 픽셀의 표준화되지 않은 이미지데이터의 값이며, 상기 C_{min} 은 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의 최소값이며, 상기 C_{max} 는 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의 최대값이며, 상기 K 는 상수인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도의 수치적 분석장치.

【청구항 21】

제 20항에 있어서, 상기 상수 K 는 상기 디스플레이수단의 전체 색계조 수인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석장치.

【청구항 22】

제 18항에 있어서, 상기 이미지파일은 캐패시터 표면상의 반구형입자(HSG)의 성장상태를 촬영한 이미지데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면상태의 수치적 분석장치.

【청구항 23】

제 22항에 있어서, 상기 캐패시터는 원 실린더 스택(OCS) 구조의 캐패시터인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면상태의 수치적 분석장치.

【청구항 24】

제 23항에 있어서, 상기 입자성장도의 수치화 대상은 상기 원 실린더 스택(OCS) 구조의 캐패시터의 측벽을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면상태의 수치적 분석장치.

【청구항 25】

반도체 웨이퍼 표면의 소정 부위를 촬영하여 이미지신호를 생성하기 위한 주사전자 현미경;

상기 주사전자현미경이 생성한 상기 이미지신호를 디지털데이터로 변환하는 아날로그/디지털 변환수단;

상기 이미지신호를 입력받아 상기 소정 부위의 이미지를 화면에 디스플레이 하는 디스플레이수단; 및

상기 디지털데이터를 입력받아 이미지파일로 저장하고, 상기 디스플레이수단의 화면을 다수의 서브영역으로 구획하는 메쉬라인을 디스플레이된 상기 소정 부위의 이미지 상에 오버랩 되도록 생성하고, 사용자가 상기 디스플레이수단의 화면상에서 소정의 서브영역을 선택하여 수치화대상영역으로 지정하면 저장된 상기 이미지파일을 오픈 하여 선택된 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 표준화하며, 표준화된 이미지데이터의 값을 소정의 문턱값과 비교하여 상기 문턱값보다 더 큰 값을 갖는 픽셀의 수를 카운트하고, 카운트된 픽셀 수의 상기 수치화대상영역 내의 전체 픽셀 수에 대한 비율을 계산하여 상기 수치화대상영역의 표면의 입자성장도를 수치화하고, 계산된 상기 비율을 상기 디스플레이수단에 제공하여 화면에 표시되도록 하는 컴퓨터수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도의 수치적 분석장치.

【청구항 26】

제 25항에 있어서, 상기 컴퓨터수단은, 상기 표준화에 앞서, 상기 수치화대상영역 내의 각 픽셀의 이미지데이터를 주변 픽셀들의 이미지데이터의 평균값을 이용하여 스무

당처리를 하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도의 수치적 분석장치

【청구항 27】

제 25항에 있어서, 상기 표준화는 아래의 표준화 식,

$$NC_{ij} = \frac{C_{ij} - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}} \times K$$

를 이용한 계산에 의해 수행되며, 여기서 상기 NC_{ij} 는 (i, j)지점 픽셀의 표준화된 이미지데이터의 값이고, 상기 C_{ij} 는 상기 (i, j)지점 픽셀의 표준화되지 않은 이미지데이터의 값이며, 상기 C_{\min} 은 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의 최소값이며, 상기 C_{\max} 는 상기 수치화대상영역 내의 이미지데이터의 최대값이며, 상기 K는 상수인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도의 수치적 분석장치.

【청구항 28】

제 27항에 있어서, 상기 상수 K는 상기 디스플레이수단의 전체 색계조 수인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면의 입자성장도 수치적 분석장치.

【청구항 29】

제 25항에 있어서, 상기 이미지파일은 캐패시터 표면상의 반구형입자(HSG)의 성장상태를 촬영한 이미지데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면상태의 수치적 분석장치.

【청구항 30】

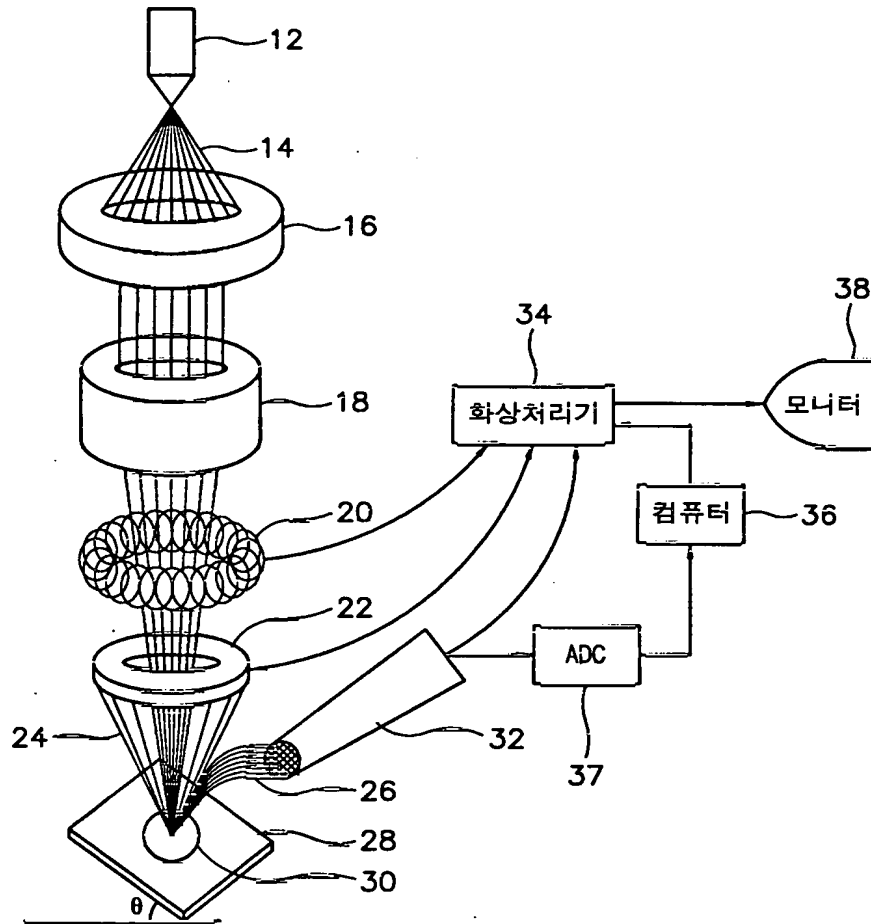
제 29항에 있어서, 상기 캐패시터는 원 실린더 스택(OCS) 구조의 캐패시터인 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면상태의 수치적 분석장치.

【청구항 31】

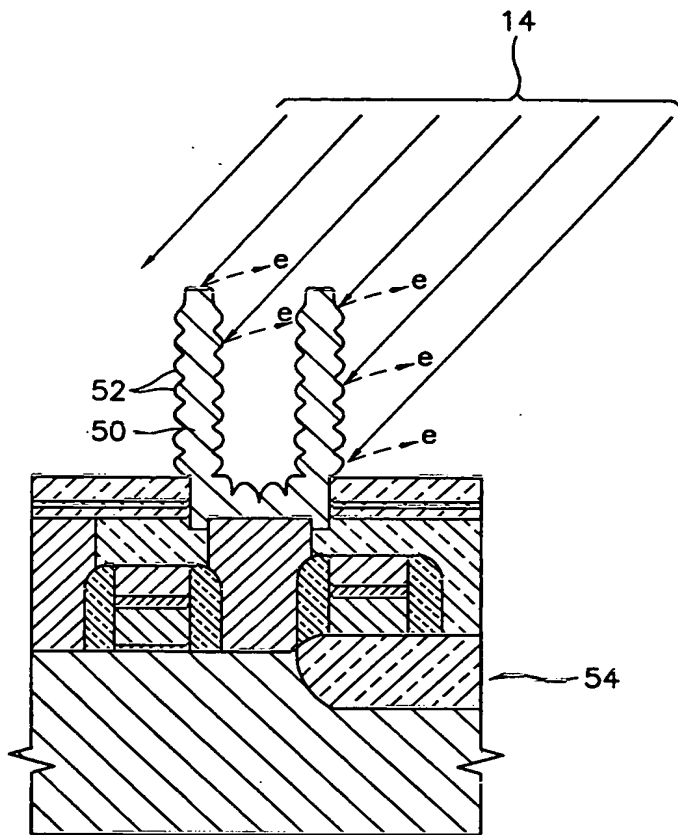
제 30항에 있어서, 상기 입자성장도의 수치화 대상은 상기 원 실린더 스택(OCS) 구조의 캐패시터의 측벽을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 웨이퍼 표면상태의 수치적 분석장치.

【도면】

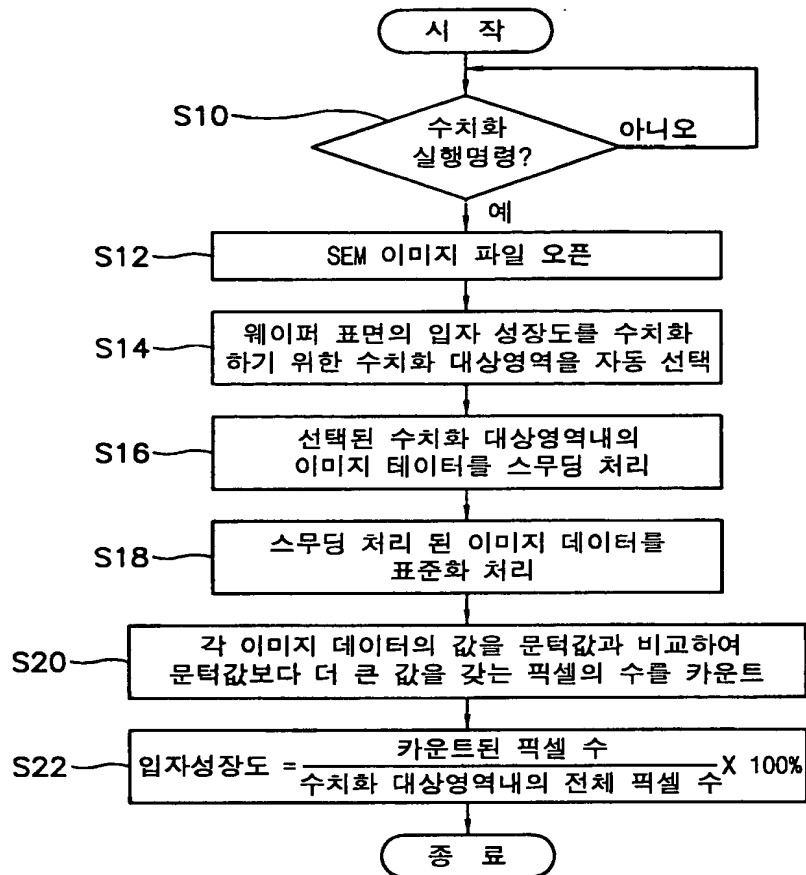
【도 1】



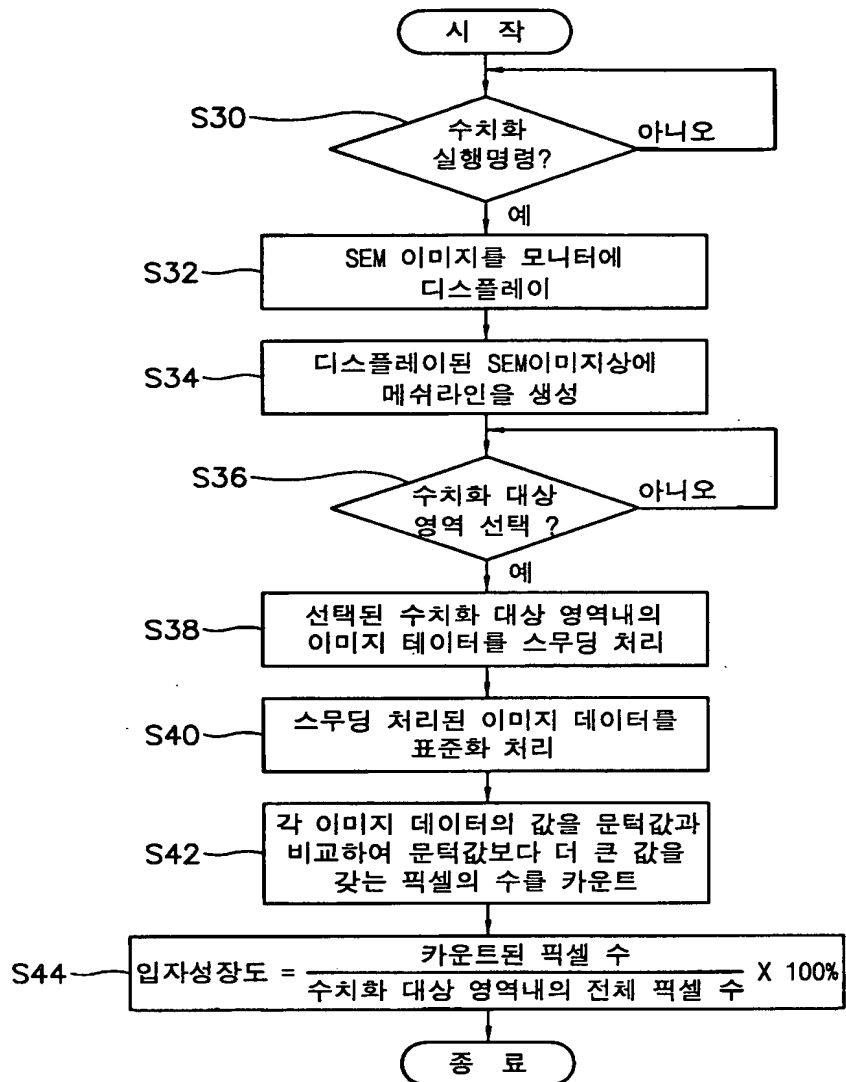
【도 2】



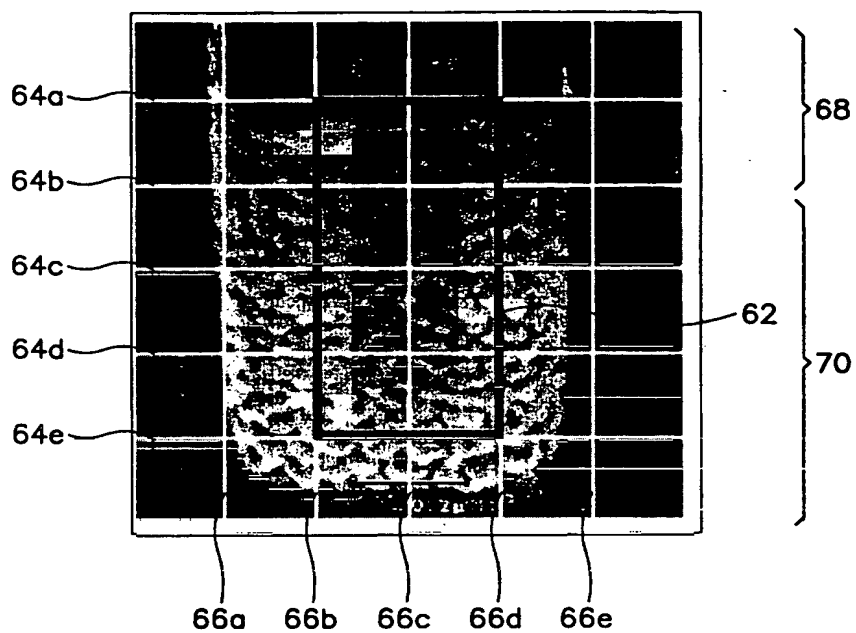
【도 3】



【도 4】



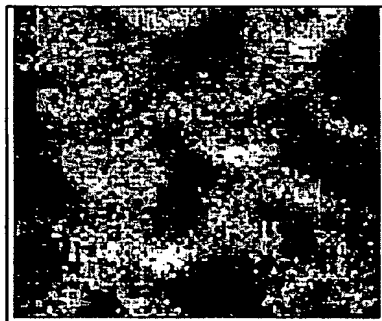
【도 5】



【도 6a】

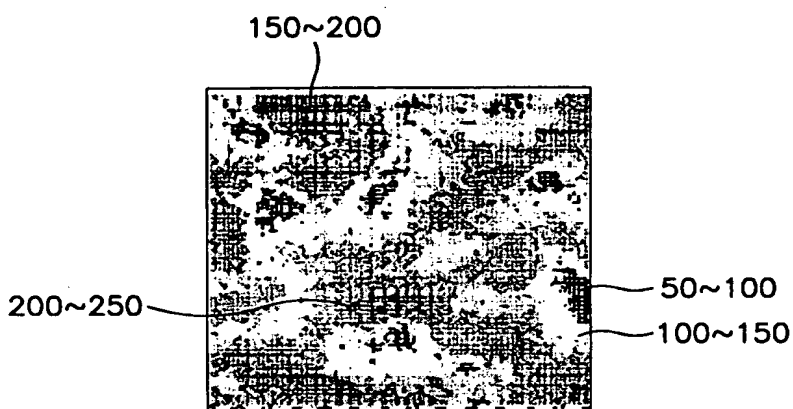


【도 6b】

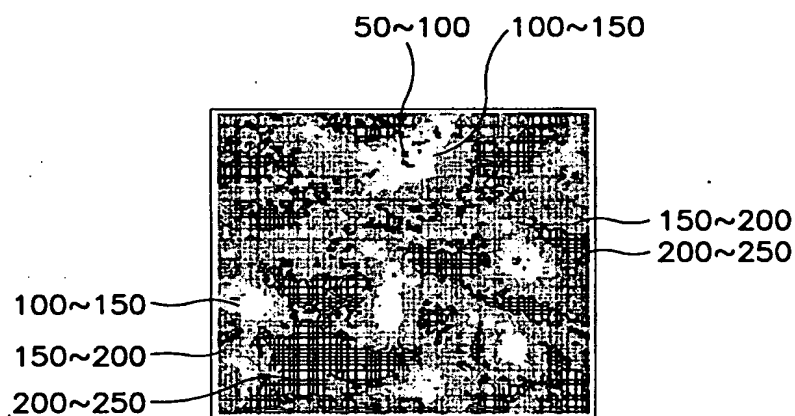


BEST AVAILABLE COPY

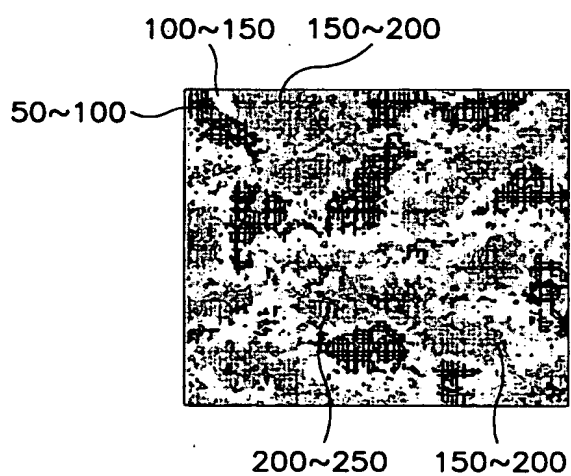
【図 7a】



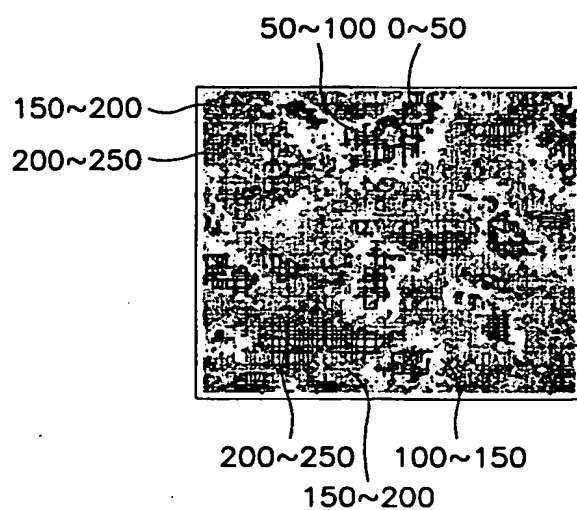
【図 7b】



【図 8a】



【図 8b】

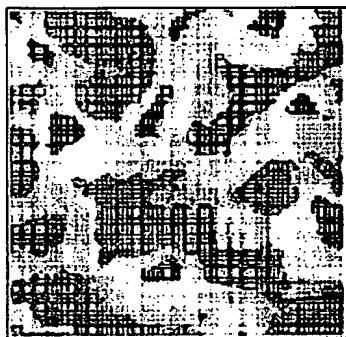


BEST AVAILABLE COPY

【図 9a】

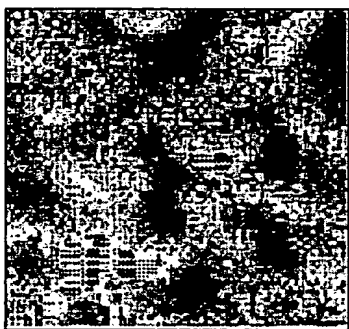


【図 9b】



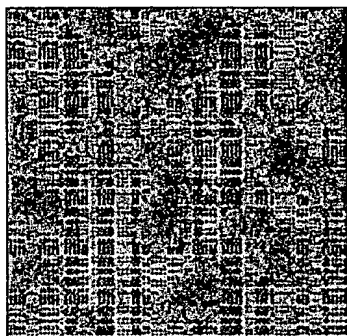
BEST AVAILABLE COPY

【도 10a】



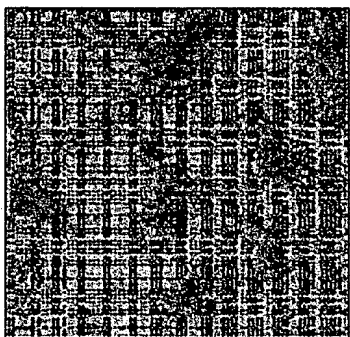
문턱값 = 200, HSG 성장도 = 8%

【도 10b】



문턱값 = 121, HSG 성장도 = 68%

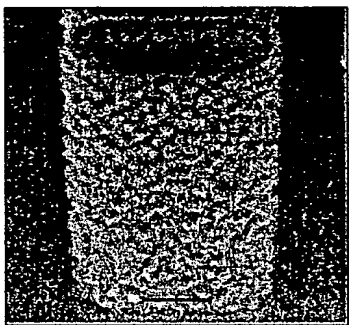
【도 10c】



문턱값 = 89, HSG 성장도 = 84%

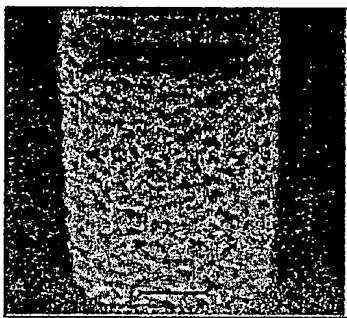
BEST AVAILABLE COPY

【도 11a】



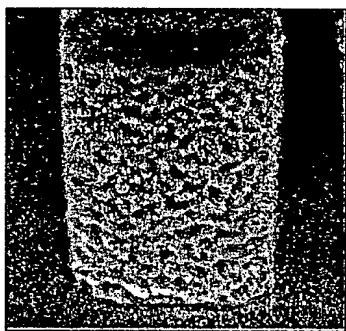
성장시간 = 60초, HSG 성장도 = 36%

【도 11b】



성장시간 = 100초, HSG 성장도 = 54%

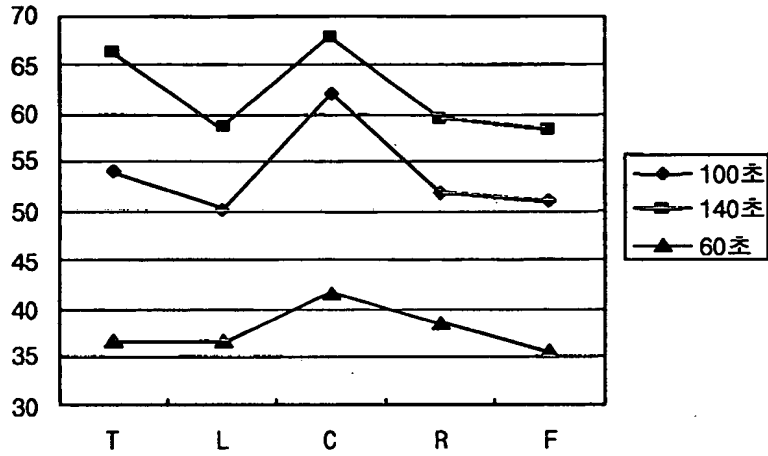
【도 11c】



성장시간 = 140초, HSG 성장도 = 66%

【도 12a】

HSG 성장도(%)



【도 12b】

HSG 성장도(%)

